

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Reaction of Some Morphological Traits, Yield and Yield Components of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) to Methanol Foliar Application under Drought Stress Conditions

Nouriyani, H^{1*}

1. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Payame Noor University, Tehran, Iran

*: Corresponding Author Email: hnouriyani@pnu.ac.ir

Received: 2025/03/05

Accepted: 2025/05/13

Introduction

Drought stress is one of the major issues in reducing plant yield, especially in arid and semi-arid regions. This stress induces various physiological, biochemical, and molecular responses in crops as a survival mechanism, and it limits their production more than any other environmental factor. Also, drought stress can damage photosynthesis in crops and reduce growth, development, and grain yield. One of the important strategies for increasing the concentration of CO₂ in plants is the use of alcoholic compounds such as methanol, which can increase the concentration of CO₂ in the plant and help its photosynthesis and growth under drought stress conditions. Therefore, the objective of this experiment was to evaluate the response of some morphological traits, yield, and yield components of cowpea to methanol foliar application under drought stress conditions.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a split plot based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in the summer of 2021 at Dezful region. Drought stress was applied based on irrigation intervals at four levels (80, 110, 140, and 170 mm of evaporation from a class A evaporation pan) as the main factor. Foliar spraying was performed at four levels (0, 10, 20, and 30% volumetric methanol solution) as the sub-factor. The evaluated traits included plant height, number of leaves, number of pod per plant, number of grain per pod, 100-grain weight, grain yield, biological yield and harvest index. Analysis of variance was performed using statistical analysis system (SAS ver. 9.3). The means were compared using the Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results of this study showed that drought stress could reduce cowpea grain yield by reducing plant height, shedding leaves and flowers, and negatively affecting yield components. While, methanol foliar spray treatment had a positive and significant effect on all studied traits, and this effect reached its maximum in foliar spray with 30% volumetric methanol. Based on the comparison of the treatment means, the highest plant height (159.64 cm), number of leaves per plant (69.72), number of pods per plant (60), number of grains per pod (12.6), 100-grain weight (20.01 g), grain yield (2260 kg/ha), biological yield (4712 kg/ha), and harvest index (48 %) belonged to foliar application of 30% volumetric methanol under irrigation conditions after 80 mm evaporation, and the lowest values belonged to the treatment combination of no foliar application of methanol (control) under irrigation conditions after 170 mm evaporation. Therefore, it seems that methanol foliar spraying is effective due to several mechanisms, including improving plant photosynthesis, reducing oxidative stress, improving water and nutrient absorption, changing plant metabolism, increasing vegetative growth, improving flowering and pod formation, moderating the effect of drought stress, and ultimately, it increased the final yield of cowpeas.

Conclusion

Based on the results of this study, the use of methanol foliar spraying, especially its application 30% volumetric, can increase cowpea grain yield under drought stress conditions by improving some morphological traits such as plant height and number of leaves per plant, as well as yield components (number of pods per plant, number of grains per pod, grain weight).

Keywords: Grain yield, Harvest index, Number of leaves, Number of pods

Citations: Nouriani, H. (2025). Reaction of Some Morphological Traits, Yield and Yield Components of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) to Methanol Foliar Application under Drought Stress Conditions. *Plant Production Technology*, 25(1), 107-120. <https://doi.org/10.22084/ppt.2025.30644.2152>

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Online ISSN: 2476-5651

Print ISSN: 2476-6321

واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لویا (*Vigna sinensis* L.) به محلول پاشی متانول در شرایط تنش خشکی

Reaction of Some Morphological Traits, Yield and Yield Components of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) to Methanol Foliar Application under Drought Stress Conditions

حسن نوریانی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۳

(مقاله پژوهشی)

چکیده

به منظور ارزیابی واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لویا چشم‌بلبلی به محلول پاشی متانول تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی تابستان سال ۱۴۰۰ در منطقه دزفول اجرا گردید. در این تحقیق تنش خشکی به صورت دور آبیاری در چهار سطح (آبیاری پس از ۸۰، ۱۱۰، ۱۴۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر) از تشتک تبخیر کلاس A، به عنوان فاکتور اصلی و محلول پاشی مقادیر (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی متانول) به عنوان فاکتور فرعی بود. نتایج آزمایش نشان داد که اعمال تنش خشکی به طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گردید که میزان این کاهش با افزایش شدت تنش خشکی بیشتر شد. در حالی که، تیمار محلول پاشی متانول بر تمامی صفات مورد بررسی اثر مثبت و معنی داری داشت و این تأثیر در محلول پاشی با ۳۰ درصد حجمی متانول به حداکثر خود رسید. بر اساس مقایسه میانگین تیمارها بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۵۹/۶۴ سانتی‌متر)، تعداد برگ در بوته (۶۹/۷ عدد)، تعداد غلاف در بوته (۶۰ عدد)، تعداد دانه در غلاف (۱۲/۶ عدد)، وزن صد دانه (۲۰/۰۱ گرم)، عملکرد دانه (۲۲۶۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیکی (۴۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۴۸ درصد) به محلول پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر و کم‌ترین مقادیر آن‌ها به ترکیب تیماری عدم محلول پاشی متانول (شاهد) در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر تعلق داشت. بنابراین، می‌توان کاربرد ۳۰ درصد حجمی متانول را به عنوان برترین تیمار متانول در تعدیل اثر منفی تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لویا چشم‌بلبلی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد برگ، تعداد غلاف

ارجاع به مقاله: نوریانی، ح. (۱۴۰۴). واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لویا (*Vigna sinensis* L.) به محلول پاشی متانول در شرایط تنش خشکی، مجله فناوری تولیدات گیاهی، ۲۵(۱)، ۱۰۷-۱۲۰. <https://doi.org/10.22084/ppt.2025.30644.2152/>

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.



شاپا چاپی: ۲۴۷۶-۶۳۲۱

شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۶-۵۶۵۱

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* نویسنده مسئول Email: hnouriyani@pnu.ac.ir

۱. مقدمه

لوبیا چشم‌بلبلی با نام علمی (*Vigna sinensis* L.) گیاهی یک‌ساله، روزکوتاه و گرمادوست است و به علت داشتن پروتئین مناسب و منبع غنی از کلسیم و آهن از اهمیت بالایی در تغذیه برخوردار است (Majnoun Hosseini, 2015). جهت بهره‌برداری از خاک‌های با حاصلخیزی کم در مناطق دارای خاک‌های فقیر مورد کشت و کار قرار می‌گیرد و در حالت کلی به‌عنوان یک گیاه چندمنظوره برای اهدافی همچون تولید غلاف سبز، به‌عنوان سبزیجات، تولید دانه‌های خشک و همچنین به‌عنوان علوفه سبز کشت می‌شود (Stoilova and Pereira, 2013). گیاه لوبیا به تنش خشکی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش صدمه می‌بیند. در تنش شدید آب می‌تواند توقف فتوسنتز، اختلال متابولیسم و سرانجام مرگ گیاه را به‌دنبال داشته باشد (Jaleel et al., 2009).

در میان عوامل محدودکننده عملکرد، کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی کافی وجود ندارد، بیش از هر عامل دیگری تولید گیاهان زراعی را از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و زیستی با محدودیت روبه‌رو کرده و بازده عملکردی گیاه را کاهش می‌دهد (Nouriyani, 2023). عمده‌ترین اثر تنش خشکی بر کاهش تثبیت CO_2 ناشی از بسته شدن روزنه‌های برگ است. با بسته شدن روزنه‌ها ورود CO_2 به سلول‌های مزوفیل برگ محدود شده و در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود (Diallo et al., 2010). از طرفی به دنبال کاهش غلظت CO_2 درون سلولی، نسبت اکسیژن به دی‌اکسید کربن افزایش یافته و آنزیم روبیسکو در مسیر تنفس نوری قرار می‌گیرد که این مسیر می‌تواند موجب اتلاف ۲۰ درصدی کربن در گیاهان شده و در نهایت منجر به کاهش عملکرد گردد (Amiri et al., 2017). کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش خشکی عمدتاً ناشی از کاهش تشعشع جذب‌شده توسط سایه‌انداز گیاه و یا کاهش بازده استفاده از تابش و یا ترکیبی از این دو است. کاهش بازده استفاده از تابش عمدتاً با کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ گیاه همراه است (Yang et al., 2021). برگ به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتز در گیاهان عالی، نه‌تنها در مقابل عوامل نامساعد محیطی از خود مقاومت نشان می‌دهد، بلکه قادر است نور و CO_2 جهت انجام فتوسنتز را

به‌طور مؤثر و سریع جذب نماید. عوامل محیطی مانند نور، CO_2 ، درجه حرارت، وضعیت آب، وضعیت مواد معدنی به‌طور مستقیم، از طریق تأثیر بر واکنش‌های نوری یا واکنش‌های مرحله تاریکی بر مقدار فتوسنتز برگ اثر می‌گذارند (Koocheki and Sarmadnia, 2014). اثرات تنش خشکی بر عملکرد چندجانبه است. در مراحل نمو رویشی حتی تنش بسیار جزئی می‌تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی شاخص سطح برگ را کاهش دهد. تنش شدید می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها گردد. این امر جذب CO_2 و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد. تداوم تنش می‌تواند کاهش شدید سرعت فتوسنتز را به‌دنبال داشته باشد (Kamanga et al., 2018). تنش رطوبتی باعث کاهش قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد دانه لوبیا می‌شود، البته مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه، متفاوت است. غالباً کاهش عملکرد در لوبیا، به اثر آن بر اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن متوسط دانه) نسبت داده می‌شود (Santos et al., 2006).

ازجمله راهکارهای مؤثر جهت افزایش غلظت CO_2 درون سلولی و کاهش تنفس نوری در گیاهان با مسیر فتوسنتزی سه کربنه (C_3)، استفاده از ترکیبات الکلی همچون متانول می‌باشد (Aghaei et al., 2021). متانول پس از محلول‌پاشی از طریق آنزیم متانول اکسیداز تبدیل به فرمالدهید و سپس تبدیل به فرمات (متانوئیک اسید) می‌شود. فرمات در مرحله بعد توسط آنزیم فرمات دهیدروژناز تبدیل به دی‌اکسید کربن شده و باعث افزایش CO_2 درون سلولی گیاه می‌شود. پس از متابولیسم شدن سریع متانول به دی‌اکسید کربن در بافت‌های گیاهی، به‌عنوان یک منبع کربنی برای گیاهان C_3 مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث جلوگیری و یا کاهش تنفس نوری القاء شده به گیاهان، افزایش دوام سطح برگ و تأخیر در پیری برگ‌ها، افزایش طول دوره فعال فتوسنتزی و تثبیت CO_2 می‌شود (Ramirez et al., 2006).

در بررسی محلول‌پاشی متانول گزارش شده است که مصرف متانول باعث افزایش صفاتی مانند شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، میزان فتوسنتز جاری و عملکرد گندم (Aghaei et al., 2023)؛ ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه و عملکرد گیاه سیاه‌دانه (Soltanieh et al., 2023)؛

ارتفاع بوته، تعداد برگ، قطر ساقه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی آفتابگردان (Javadi et al., 2022)؛ تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کلزا (Kalantar Ahmadi et al., 2017)؛ ارتفاع بوته، تعداد نیام در ساقه اصلی، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت لوبیاچیتی (Emaratpardaz et al., 2015)؛ تعداد غلاف در بوته، وزن دانه و طول غلاف لوبیا (Armand et al., 2015) گردیده است. اگرچه بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که مصرف متانول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود، اما استفاده نادرست از آن (غلظت‌های بالا یا شرایط نامناسب محیطی) می‌تواند اثرات منفی قابل‌توجهی از جمله آسیب به غشای سلولی و تخریب کلروپلاست، اختلال در متابولیسم گیاه (Fall and Benson, 1996) و کاهش تثبیت CO₂ (Hossinzadeh et al., 2013) را در پی داشته باشد.

از آنجایی‌که اجزای عملکرد گیاهان تحت تأثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرند و غالباً ما را در توجیه علت تغییر عملکرد یاری می‌نمایند، بنابراین بررسی چگونگی اثر تنش‌های محیطی در حضور متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد حبوبات به‌عنوان حاصل‌نهایی رشد و نمو، می‌تواند بیانگر عکس‌العمل کلی گیاه به تنش باشد. لذا، هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا به محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بود.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی تابستان سال ۱۴۰۰ به‌صورت مزرعه‌ای در منطقه دزفول، واقع در شمال استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و نه دقیقه شمالی با ارتفاع ۴۸ متر از

سطح دریا مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تنش خشکی به‌صورت دور آبیاری در چهار سطح (آبیاری پس از ۸۰، ۱۱۰، ۱۴۰ و ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر) از تشتک تبخیر کلاس A، به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی متانول در چهار سطح (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی متانول) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. عملیات تهیه زمین توسط گاواهن برگردان دار و دو دیسک عمود برهم و ماله‌کشی صورت گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و توصیه‌های کودی، کودهای شیمیایی نیتروژن، پتاس و فسفر استفاده شد. در این پژوهش، کاشت بذر لوبیا چشم‌بلبلی رقم مشهد که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد دزفول تهیه‌شده بود، در تاریخ ۲۰ تیرماه به‌صورت دستی روی خطوط کشت ۷۵ سانتی‌متری، فاصله دو بوته ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۶۷۰۰۰ بوته در هکتار) و تعداد هشت خط کشت به طول هفت متر بود. فاصله هر کرت از کرت دیگر به‌صورت دو خط نکاشت و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌های آزمایشی به‌صورت نشتی پس از عملیات کاشت تا استقرار کامل بوته (ظهور اولین برگ سه برگچه‌ای) یکسان و بدون تنش انجام و سپس بر اساس تیمارهای تنش خشکی، آبیاری اعمال گردید. برای تعیین زمان دقیق آبیاری، در پایان هرروز مقدار تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد دزفول محاسبه و پس از رسیدن به حد میزان تبخیر تیمار موردنظر، در صبح روز بعد آبیاری آن انجام می‌گرفت. منحنی آمبروترمیک منطقه دزفول در شکل ۱ آمده‌است. با در نظر گرفتن روزهای توأم با بارندگی و مرطوب، فصل خشک در این منطقه ۲۰۰ روز است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، شدت خشکی نیز در این ناحیه زیاد می‌باشد. فصل خشک در تابستان واقع شده است و فصل مرطوب منطبق بر فصل سرد می‌باشد که از ویژگی‌های آب‌وهوای مدیترانه‌ای است.

Table 1: Physical and chemical properties of soil experimental field

Sampling depth (cm)	Soil texture	Nitrogen (mg.kg ⁻¹)	Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	Potassium (mg.kg ⁻¹)	Organic matter (%)	pH	Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
0-30	Clay loam	45	6.7	109	0.8	7.4	0.99

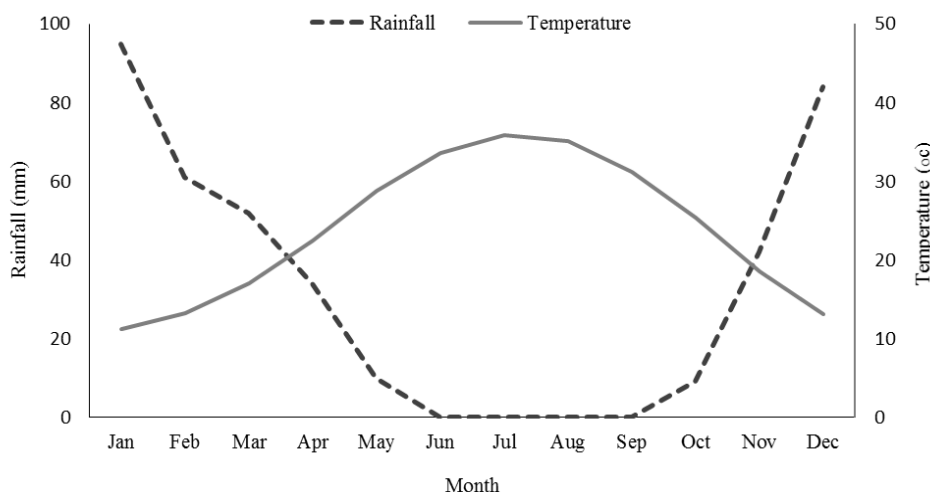


Fig. 1: Ambrothermic curve of Dezful meteorological station in 2021

که در آن GY: عملکرد دانه و BY: عملکرد بیولوژیکی می- باشد.

پس از اندازه‌گیری و برآورد صفات مورد ارزیابی، عملیات تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.3) انجام گردید. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و جهت رسم نمودارها از Excel (2013) استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر متقابل بین تیمار تنش خشکی و تیمار محلول‌پاشی متانول بر صفت ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در این بررسی بیش‌ترین ارتفاع بوته به میزان ۱۵۹ سانتی‌متر در تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کم‌ترین آن به میزان ۸۵/۴۲ سانتی‌متر در تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر و بدون محلول‌پاشی متانول (شاهد) مشاهده گردید (جدول ۳). گزارش شده است تنش خشکی از طریق کاهش محتوای نسبی آب و در پی آن بسته شدن روزنه- ها و کاهش رشد و تقسیم سلولی، منجر به کاهش اندازه برگ- ها و ارتفاع گیاه می‌شود (Amraei et al., 2017). درحالی‌که مصرف متانول به‌صورت محلول‌پاشی در تمام سطوح تنش

محلول‌پاشی دو بار طی فصل رشد گیاه و با فواصل زمانی ۱۰ روز صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی طی مرحله رویشی به فاصله چهار هفته پس از کاشت و محلول‌پاشی بعدی در اوایل گلدهی انجام شد. محلول‌پاشی تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول از اندام‌های هوایی گیاه ادامه یافت. در مدت‌زمان اجرای آزمایش کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت.

در پایان مرحله گلدهی پس از حذف حاشیه از بالا و پایین خطوط دو و هفت هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع آن‌ها با متر اندازه‌گیری و تعداد برگ نیز در آن‌ها شمارش گردید. سپس میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته و تعداد برگ در بوته یادداشت گردید. به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه (رسیدن ۹۰ درصد غلاف‌ها)، بوته‌های دو خط وسط هر کرت (خطوط چهار و پنج) پس از حذف حاشیه از بالا و پایین خطوط به مساحت دو مترمربع کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شد. ده بوته از بین بوته‌های برداشت‌شده به‌صورت تصادفی انتخاب و اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برآورد گردید. شاخص برداشت (HI) نیز براساس رابطه (۱) محاسبه گردید (Pak Mehr et al., 2011):

$$HI = (GY \div BY) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

۳-۲. اجزای عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار محلول‌پاشی متانول بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته به میزان ۶۰ عدد در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر با محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کم‌ترین تعداد غلاف به میزان ۴۸ عدد در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی متانول (شاهد) تعلق داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد کاهش تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش خشکی در اثر کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد. کاهش مواد فتوسنتزی لازم برای رشد و باروری گل‌ها و افزایش رقابت درون بوته‌ای حاصل از آن، باعث سقط جوانه‌های گل و در نهایت کاهش تعداد غلاف در بوته را در پی دارد. یافته‌های سایر پژوهشگران نیز حاکی از کاهش تعداد غلاف در بوته در اثر تنش خشکی است (M Mohammadi Nejad et al., 2018؛ Rahimi et al., 2023؛ Majnoun Hosseini et al., 2024). به‌نظر می‌رسد هنگامی که متانول روی برگ‌ها محلول‌پاشی می‌گردد، می‌تواند به دی‌اکسید کربن تبدیل شود که به نوبه خود در فرآیند فتوسنتز استفاده می‌شود. این افزایش در دسترسی به CO₂ باعث بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و توسعه گیاه فراهم می‌گردد؛ در این صورت اثر غالبیت جوانه انتهایی کم شده و شاخه‌های فرعی بیش‌تری در گیاه شروع به رشد و توسعه می‌نمایند و تعداد گل بیش‌تری تولید و در نهایت تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد (Emaratpardaz et al., 2015).

در بررسی صفت تعداد دانه در غلاف نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار محلول‌پاشی متانول بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول مشخص نمود که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب به تیمار محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر (۱۲/۶ عدد) و تیمار عدم محلول‌پاشی متانول در شرایط آبیاری

خشکی باعث افزایش ارتفاع بوته گردید (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که متانول می‌تواند به‌عنوان یک منبع کربن اضافی برای گیاه عمل کند و متابولیسم کربن در گیاه را تغییر دهد و با تأثیر بر تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین و جیبرلین رشد طولی ساقه را تحریک و باعث افزایش ارتفاع گیاه شود. سایر پژوهش‌گران نتایج مشابهی با مصرف متانول تحت شرایط تنش خشکی در گیاه سیاه دانه (Soltanieh et al., 2023) و گیاه لوبیا چیتی (Emaratpardaz et al., 2015) در راستای این مطالعه گزارش کرده‌اند.

صفت تعداد برگ در بوته نیز تحت تأثیر اثر متقابل بین تیمار تنش خشکی و تیمار محلول‌پاشی متانول قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی متانول مشخص نمود که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد برگ در بوته به‌ترتیب به تیمار محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر (۶۹/۷ عدد) و تیمار عدم محلول‌پاشی متانول در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر (۳۰/۴ عدد) اختصاص داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار تعداد برگ در تیمارهای محلول‌پاشی متانول ناشی از تأثیر مثبت متانول در افزایش تولید مواد فتوسنتزی و افزایش پتانسیل رشد ساقه‌های جانبی ایجادکننده برگ باشد. برخی مطالعات گزارش کردند که متانول باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها شده که این امر به رشد و توسعه آن‌ها کمک می‌کند (Zbiec et al., 2003). در آزمایشی که بر روی گیاه سویا صورت گرفت علت افزایش تعداد برگ در اثر محلول‌پاشی متانول تأخیر در پیری برگ‌ها و فعالیت فتوسنتزی بیشتر گیاه گزارش گردید (Nadali et al., 2010). این در حالی است که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد برگ در گیاه گردید. این موضوع می‌تواند به دلیل کاهش رشد رویشی و تقسیم سلولی در مریستم‌های انتهایی و جانبی، توقف رشد جوانه‌ها، ریزش برگ‌ها و اختلال در فتوسنتز و انتقال مواد مغذی باشد (Farooq et al., 2009). کاهش تعداد برگ تحت شرایط تنش خشکی در نتایج آزمایش دیگر محققان نیز گزارش شده است (Rostami Ajirloo et al., 2016؛ Moqbeli et al., 2019؛ Javadi et al., 2022).

نوریانی: واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لویا....

محققان نیز چنین نتایج مشابهی را گزارش کردند (Emaratpardaz et al., 2015).

۳-۳. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار محلول پاشی متانول بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که تیمار محلول پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر با میزان ۲۲۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار عدم محلول پاشی متانول (شاهد) در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر با میزان ۹۱۰ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). از دلایل افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با متانول افزایش دوره فعال فتوسنتزی برگها است که در اثر به تعویق افتادن پیری آنها صورت می گیرد. این تأخیر در پیری برگهای گیاه می تواند سبب افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش مدت فعالیت فتوسنتزی در برگها و همچنین افزایش تثبیت CO₂ شود (Ramirez et al., 2006). این نتایج با یافته های (Aghaei et al., 2023؛ Javadi et al., 2022؛ MirAkhori et al., 2013) مطابقت دارد. تغییرات حاصله حاکی از آن است که با افزایش سطح تنش خشکی عملکرد دانه کاهش یافت (شکل ۲). تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه ها می شود تا از هدر رفت آب جلوگیری شود. اما بسته شدن روزنه ها باعث کاهش جذب CO₂ و در نتیجه کاهش فتوسنتز می گردد. کاهش فتوسنتز به معنای کاهش تولید انرژی و مواد مغذی است که برای رشد گیاه ضروری هستند. هم چنین کمبود آب باعث کاهش جریان مواد مغذی در آوندها شده و این اختلال در انتقال مواد مغذی می تواند رشد و عملکرد گیاه را محدود کند (Farooq et al., 2009). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش گردیده است (Rashidi et al., 2022؛ Matrodi and Lak, 2019؛ Fallah et al., 2022؛ Rai et al., 2020؛ Mohammadi et al., 2018).

پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر (۶/۳ عدد) اختصاص داشت (جدول ۳). با توجه به اینکه طی مرحله گلدهی تا غلاف دهی در واقع گرده افشانی گلها و هسته اولیه دانه شکل می گیرد، به نظر می رسد تنش خشکی در این مرحله از طریق کاهش باروری گلها و سقط آنها، باعث کاهش تعداد تخمکها و افت شدید دانه در غلاف را در پی دارد. به عبارت دیگر، کاهش تعداد دانه در غلاف می تواند ناشی از ناتوانی گیاه در تأمین مواد مغذی و انرژی کافی برای تشکیل و رشد دانه ها و اختلال در فرآیندهای گرده افشانی و لقاح باشد (Rai et al., 2020). کاهش تعداد دانه در غلاف تحت شرایط تنش خشکی توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Dahmardeh et al., 2018؛ Soheili Movahed et al., 2017؛ Najarian et al., 2016). به نظر می رسد محلول پاشی متانول از طریق جلوگیری و یا کاهش تنفس نوری و افزایش دوره فعال فتوسنتزی و توسعه و دوام برگها، موجب افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح شده و در نهایت باعث افزایش تعداد دانه در غلاف گردید. نتایج حاصل از آزمایش (Kalantar Ahmadi et al., 2017) نیز مؤید این موضوع است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار محلول پاشی متانول بر وزن صد دانه معنی دار بود (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی متانول بیشترین میانگین وزن صد دانه به تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر با محلول پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول (۲۰/۰۱ گرم) و کمترین آن به تیمار آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر و عدم محلول پاشی متانول (۱۰/۳۳ گرم) اختصاص داشت (جدول ۳). به نظر می رسد کاهش وزن دانه در اثر تنش خشکی نتیجه کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و کاهش سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها و در نهایت موجب تقلیل وزن دانه ها گردید. چنین نتایجی نیز توسط دیگر محققان نیز ارائه گردیده است (Alilu et al., 2024؛ Asadi et al., 2024). اما به نظر می رسد افزایش وزن دانه در اثر استفاده از متانول به دلیل افزایش دسترسی گیاه به کربن و بهبود فرآیندهای متابولیکی گیاه باشد که می تواند باعث بهبود فتوسنتز و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها و در نهایت افزایش وزن دانه ها را به دنبال داشته باشد. سایر

Table 2: Analysis of variance of morphological traits, yield and yield components of cowpea to methanol foliar application under drought stress conditions

Source of variation	df	Mean of squares							
		Plant height	Number of leaves	Number of pod per plant	Number of grain per pod	100-Grain weight	Grain yield	Biological yield	Harvest index
Replication	2	480.814	80.063	160.396	57.105	16.521	17764.583	50731.750	6.812
Drought stress	3	6939.500**	1920.306**	2090.723**	32.076**	57.917**	2874485.417**	5522045.062**	420.167**
Error (a)	6	96.563	13.319	22.035	1.889	1.770	11772.918	50298.971	7.646
Methanol	3	335.056**	183.689**	301.167**	10.688**	36.829**	184935.418**	237278.940**	29.335*
Stress × Methanol	9	158.148**	49.874**	37.503**	1.675*	3.446**	42157.124**	151963.298**	16.318*
Error (b)	24	38.542	12.702	8.903	0.667	0.708	11720.833	45885.501	6.771
Coefficient of variation (CV %)		4.95	6.84	7.62	8.77	5.73	6.48	5.35	6.31

* and ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively

Table 3: Comparison of the mean interaction of drought stress and methanol foliar application on of morphological traits and yield components of cowpea

Drought stress	Methanol	Plant height (cm)	Number of leaves	Number of pod per plant	Number of grain per pod	100-Grain weight (g)	Harvest index (%)
I ₈₀	M ₀	142.34 c	62.29 c	48.00 c	10.00 bc	15.31 cd	43.95 c
	M ₁₀	144.21 bc	65.00 bc	50.66 bc	10.30 bc	16.05 c	45.02 b
	M ₂₀	147.67 b	67.69 ab	54.02 b	11.00 b	18.00 b	47.00 a
	M ₃₀	159.64 a	69.72 a	60.01 a	12.67 a	20.01 a	48.01 a
I ₁₁₀	M ₀	135.00 d	54.33 f	40.05 e	9.00 c	14.00 e	42.07 d
	M ₁₀	137.02 d	58.01 e	44.00 d	10.00 bc	15.02 d	43.04 cd
	M ₂₀	139.11 cd	60.00 cd	49.03 c	10.33 bc	16.04 c	45.00 b
	M ₃₀	140.28 c	63.06 c	52.11 bc	11.00 b	17.00 bc	46.12 b
I ₁₄₀	M ₀	118.33 f	48.00 h	27.33 h	8.33 d	12.00 f	39.00 e
	M ₁₀	120.41 f	51.02 g	30.02 g	9.00 c	13.51 e	40.02 e
	M ₂₀	122.08 e	53.00 fg	35.00 f	10.31 bc	15.00 d	41.05 d
	M ₃₀	125.00 e	56.01 f	43.01 d	10.67 b	16.02 c	43.32 c
I ₁₇₀	M ₀	85.42 j	30.37 k	20.36 k	6.38 g	10.33 gh	32.00 g
	M ₁₀	88.00 i	35.00 jk	22.31 ij	6.93 f	11.00 g	32.09 fg
	M ₂₀	95.02 h	37.03 j	24.00 i	7.35 ef	13.01 ef	33.04 f
	M ₃₀	104.63 g	43.66 i	27.03 h	8.37 d	14.00 e	34.33 f

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level, according to Duncan's test.

I₈₀, I₁₁₀, I₁₄₀ and I₁₇₀: Irrigation after 80, 110, 140 and 170 mm evaporation from Class A evaporation pan, respectively; M₀, M₁₀, M₂₀ and M₃₀: 0, 10, 20 and 30 volumetric percent methanol spraying, respectively

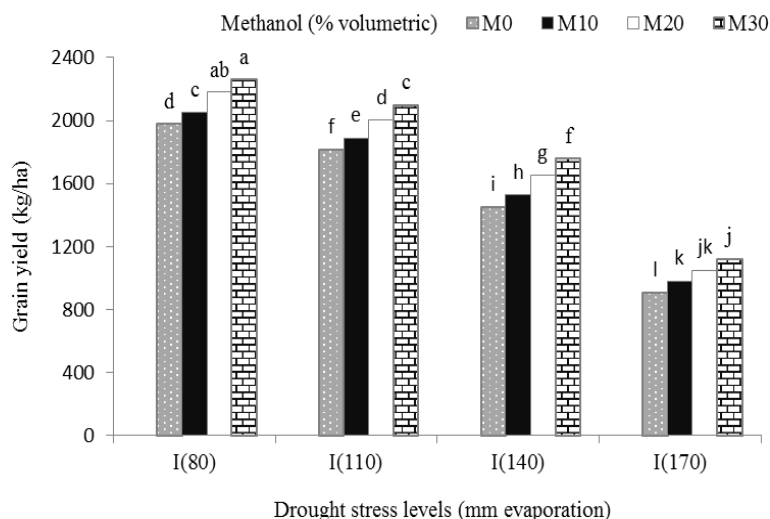


Fig. 2: The interaction of drought stress and methanol foliar application on grain yield of cowpea.

I₈₀, I₁₁₀, I₁₄₀ and I₁₇₀: Irrigation after 80, 110, 140 and 170 mm evaporation from Class A evaporation pan, respectively; M₀, M₁₀, M₂₀ and M₃₀: 0, 10, 20 and 30 volumetric percent methanol spraying, respectively.

۳-۴. عملکرد بیولوژیکی

در بررسی صفت عملکرد بیولوژیکی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش خشکی و تیمار محلولپاشی متانول بر صفت مذکور معنی دار بود (جدول ۲). در این تحقیق بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار محلولپاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر به میزان ۴۷۱۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار عدم محلولپاشی متانول (شاهد) در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر به میزان ۲۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳). به نظر می رسد کاهش میزان عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای تنش خشکی ناشی از کاهش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی و ساخت مواد فتوسنتزی و انتقال مواد پرورده در اثر کمبود آب باشد که باعث کاهش رشد رویشی و زایشی و تجمع ماده خشک در گیاه گردید. کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Ghalandari et al., 2019; Kazemi and Eskandari, 2025; Rashidi et al., 2022). در مقابل، زمانی که متانول بر روی برگها محلولپاشی می شود به سرعت جذب شده و در سلولهای گیاهی به فرمالدئید و سپس به CO₂ تبدیل می شود. این CO₂ اضافی می تواند در فرآیند فتوسنتز مورد استفاده قرار گیرد و باعث افزایش تولید قندها و بهبود رشد گیاه، توسعه و گسترش بیش تر سطح برگ

۳-۵. شاخص برداشت

شاخص برداشت که بیانگر چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در اندامهای گیاه است تحت تأثیر معنی دار اثر متقابل بین تیمار تنش خشکی و تیمار محلولپاشی متانول قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و محلولپاشی متانول مشخص نمود که بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت به ترتیب به تیمار محلولپاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی متر تبخیر (۴۸ درصد) و تیمار عدم محلولپاشی متانول در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی متر تبخیر (۳۲ درصد) اختصاص داشت (جدول ۳). کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی به علت این است که عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی به میزان بیشتری کاهش یافته است. گزارش شده است که بین رژیمهای مختلف آبیاری از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی داری وجود دارد و تنش خشکی به خصوص در مرحله زایشی بر عملکرد دانه در مقایسه با ماده خشک کل به نسبت بیشتری تأثیر می گذارد و این امر باعث کاهش شاخص برداشت می -

شاخص برداشت در تیمارهای محلول‌پاشی شده با متانول کمتر بود که به نظر می‌رسد به دلیل اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده به اندام‌های زایشی و غلاف‌های در حال تشکیل بود.

شود (Zhao et al., 2020). نتایج سایر تحقیقات نیز بیانگر آن است که به دلیل تأثیرگذاری تنش خشکی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت در تیمارهای تنش کاهش می‌یابد (Rahimi et al., 2023). با افزایش سطح تنش خشکی میزان کاهش

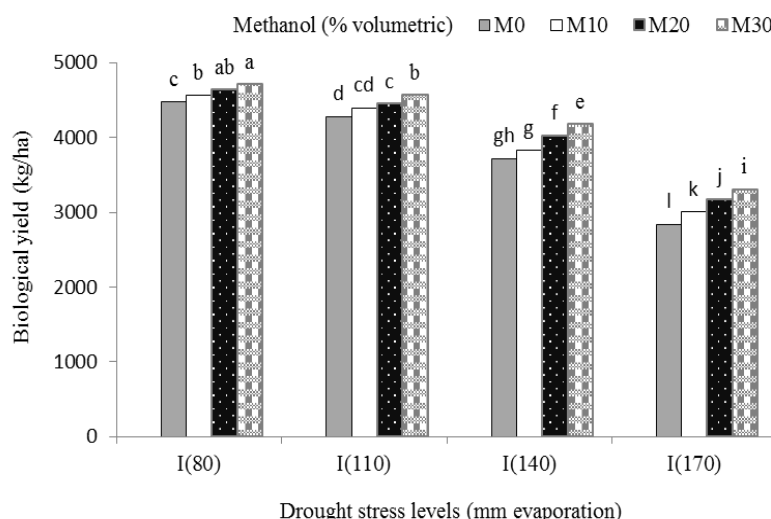


Fig. 3: The interaction of drought stress and methanol foliar application on biological yield of cowpea. I₈₀, I₁₁₀, I₁₄₀ and I₁₇₀: Irrigation after 80, 110, 140 and 170 mm evaporation from Class A evaporation pan, respectively; M₀, M₁₀, M₂₀ and M₃₀: 0, 10, 20 and 30 volumetric percent methanol spraying, respectively.

به‌طورکلی نتایج آزمایش حاکی از آن بود که گیاه لوبیا چشم‌بلبلی به تنش خشکی حساس بوده و تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول به‌عنوان برترین تیمار متانول در تعدیل اثر منفی تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی قابل توصیه می‌باشد.

۵. سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است که با همکاری و حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه پیام نور استان خوزستان انجام گردیده که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

۴. نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی از طریق کاهش ارتفاع گیاه و ریزش برگ‌ها و تأثیر منفی بر اجزای عملکرد، باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی شد. درحالی‌که تأثیر مثبت محلول‌پاشی متانول بر صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد نهایی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی گردید. حداکثر عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۲۲۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی (شاهد) در این شرایط، باعث افزایش حدود ۱۵ درصدی در عملکرد دانه شد.

۶. منابع

- Aghaei, F., Seyed Sharifi, R. and Narimani, H. (2023). Effect of methanol on yield, dry matter remobilization and grain filling process of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation withholding. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(1), 83-100. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4402.2016>
- Aghaei, F., Seyyed Sharifi, R., Khomari, S. and Narimani, H. (2021). Effects of methanol on grain yield, chlorophyll fluorescence indices and some physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation withholding conditions. *Crop Production*, 13(4), 151-172. (In Persian). <http://doi: 10.22069/EJCP.2021.18631.2382>
- Alilu, M.K., Roshdi, M., Rezadust, S., Nasrolahzadeh, A. and khalili mahaleh, J. (2024). The influence of different irrigation levels and growth stimulants on yield components and grain protein in Red Kidney Beans (*Phaseolus*

- vulgaris* L.). *Journal of Crop Production and Processing*, 13(4), 49-62. (In Persian) <https://jcopp.iut.ac.ir/article-1-3260-en.html>
- Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S.R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv.karaj). *Compost Science and Utilization*, 25(3), 152-165. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2016.1249313>
- Amraei, B., Pakenjad, F., Ebrahimi, M.A. and Sobhanian, H. (2017). The effect of methanol foliar application and drought stress on grain yield and growth indices of soybean (*Glycine max* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(34), 111-129. (In Persian) <https://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-817-en.pdf>
- Armand, N., Amiri, H. and Ismaeili, A. (2015). Effects of foliar application of methanol on yield and yield components of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(2), 231-242. (In Persian) <https://sanad.iau.ir/Journal/jcep/Article/956597>
- Asadi, B., Shobeiri, S.S., Asadi, A.A., Astaraki, H. and Salehi, F. (2024). Evaluation of yield response and yield components of promising Red Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes resistant to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, 15(2), 249-264. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.85603.1075>
- Dahmardeh, M., Mirbahodin, M. and Khammar, I. (2018). The effect of biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of bean (*Vigna unguiculata* L. Walp) in drought stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1), 23-33. (In Persian) <http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.149.1035>
- Diallo, A.T., Samb, P.I. and Roy-Macauley, H. (2010). Water status and stomatal behaviour of cowpea (*vigna unguiculata* L.) Walp, plants inoculated with two Glomus species at low soil moisture levels. *European Journal of Soil Biology*, 37, 187-196. <http://doi:10.4172/2329-8863.1000362>
- Emarapardaz, J., Hami, A. and Davati Kazemnia, H. (2015). Effect of foliar application of methanol in water stress condition on yield components of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2.1), 125-137. (In Persian) https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_3880_d0188276d09db4d685bd2ec041a74b2c.pdf
- Fall, R. and Benson, A.A. (1996). Leaf methanol the simplest natural product from plants. *Trends in Plant Science*, 1(9), 296-301. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(96\)88175-0](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(96)88175-0)
- Fallah, S., Azizi, Kh., Eisvand, H., Akbarpour, O. and Akbari, N. (2022). Effect of zinc sulfate foliar application on morphological characteristics and yield of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under different carbon dioxide-temperature and water stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 641-656. (In Persian) <http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4016.1953>
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185-212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M. and Bagheri, A. (2019). The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(1), 114-125. (In Persian) <http://doi: 10.22067/ijpr.v10i1.64836>
- Hossinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A. and Ahmadpour, R. (2013). Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 5(18), 115-132. (In Persian) https://ijpb.ui.ac.ir/article_18904_ea72c8fc00154c27eab012a3bf4914b5.pdf?lang=en
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105. <https://squ.elsevierpure.com/en/publications/drought-stress-in-plants-a-review-on-morphological-characteristic>
- Javadi, H., Moosavi, S.Gh.R., Seghatoleslami, M. J., Ebrahimi, A.R. and Kozegar, M. (2022). Effect of methanol spraying on some morphophysiological characteristics, yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. *Plant Productions*, 45(1), 29-40. (In Persian) <https://doi:10.22055/ppd.2020.33127.1888>
- Kalantar Ahmadi, S. A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S. A. and Jahanbakhsh, S. (2017) Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(3), 196-217. (In Persian) <https://agrobreedjournal.ir/article-1-698-fa.pdf>
- Kamanga, R., Mbega, E. and Ndakidemi, P. (2018). Drought tolerance mechanisms in plants: Physiological responses associated with water deficit stress in *Solanum lycopersicum*. *Advances in Crop Science and Technology*, 6(3), 1-8. <https://doi:10.4172/2329-8863.1000362>
- Kazemi, K. and Eskandari, H. (2025). Improvement of water productivity in the condition of irrigation interruption in the flowering stage of Sesame in response to the application of humic acid and silicon. *Plant Production Technology*, 24(2), 21-33. (In Persian) <https://doi.org/10.22084/ppt.2024.29909.2136>
- Koocheki, A. and Sarmadnia, G. (2014). *Physiology of Crop Plants* (translation). Jahad Daneshgahi Mashhad, Iran. (In Persian)
- Majnoun Hosseini, N. (2015). *Grain Legume Production*. Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)

- Majnoun Hosseini, N., Emadi, S. F. and Mirab Zade, M. (2024). Evaluation of Yield and Yield Components of Red Beans under Irrigation Cycle and Nitrogen Fertilizer. *Plant Production Technology*, 23(2), 13-27. (In Persian) <https://doi.org/10.22084/PPT.2024.5579>
- Matrodi, M. and Lak, Sh. (2019). Effect of mycorrhiza fungus on quantitative traits and protein of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under different irrigation intervals. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 11(41), 129-153. (In Persian) <https://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1164-en.pdf>
- MirAkhori, M., Paknejad, F., Reihani, Y., Nazeri, P., Yeganeh Pour, F., Jamshidi, N. and Gaffari, M. (2013). Effect of foliar application of methanol on yield and some of physiological traits in Bean. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(1), 17-30. (In Persian) <https://sanad.iau.ir/en/Article/956374?FullText=FullText>
- Mohammadi Nejad, S., Baghizadeh, A. and Rahimi, M. (2018). Morphological and agronomic evaluation of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) ecotypes under drought conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(3), 569-577. (In Persian) <http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.772.1151>
- Mohammadi, M., Tavakoli, A., Pouryousef, M. and Mohseni Fard, E. (2018). The effect of epibrassinolide on growth and seed yield of Bean under optimal irrigation and drought stress conditions. *Crops Improvement*, 20(3), 595-608. (In Persian) <https://doi.org/10.22059/jci.2018.249057.1913>
- Moqbeli, H., Qolami, A., Ameriyan, M.R. and Abas dokht, H. (2019). Effect of methanol foliar application on yield and morphological characteristics of sesame (*sesamum indicum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(4), 137-149. (In Persian) <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2017.239945.654368>
- Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., Vazan, S., Tookalo, M., Jamialahmadi, M. and Pazoki, A. (2010). Effects of methanol on sugar beet (*Beta vulgaris*). *Australian Journal of Crop Science*, 4(6), 398-401. <http://www.cropj.com/august2010.html>
- Najarian, D., Fanoodei, F., Masoud Sinaki, J. and Laei, Gh. (2016). The effect of irrigation cut tension and applying compost fertilizer on yield and yield components of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Scientific Journal of Crop Physiology*, 8(29), 59-72. (In Persian) <https://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-635-fa.pdf>
- Nouriyani, H. (2023). *Environmental Stresses and Plants Production* (Physiological, Biochemical and Molecular Approaches). Payame Noor University Press, Iran. (In Persian)
- Pak Mehr, A., Rastgoo, M., Shekari, F., Saba, J., Vazayefi, M. and Zangani, A. (2011). Effect of Salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. *Iranian Journal of Pulses Research*, 2(1), 53-64. (In Persian) https://ijpr.um.ac.ir/article_28079_d089dabbac0977a59390f1c3b85b84ae.pdf
- Rahimi, H., Eshghizadeh, H. R., Razmjoo, J., Zahedi, M., Ghadiri, A. and Asadi, M. (2023). Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 14(1), 19-33. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/ijpr.v14i1.2206-1026>
- Rai, A., Sharma, V. and Heitholt, J. (2020). Dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth and yield response to variable irrigation in the arid to semi-arid climate. *Sustainability*, 12 (9), 3851. <https://doi.org/10.3390/su12093851>
- Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pena-Cortes, H. (2006). Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of arabidopsis, tobacco and tomato plants. *Journal Plant Growth Regulation*, 25, 30-44. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006JPGR...25...30R/abstract>
- Rashidi, Z., Bannayan Aval, M., Azizi, K. and Nasiri Mahallati, M. (2022). Effect of drought stress on yield and yield components and radiation use efficiency of three types of red, white and pinto beans. *Journal of Plant Production Research*, 29(3), 143-164. (In Persian) <http://doi.org/10.22069/JOPP.2022.19586.2884>
- Rostami Ajirlo, A., Asgharipour, M.R., Ghanbari, A., Joodi, A. and Khormi Wafa, M. (2016). The reaction of yield, yield components, morphological and quality traits of soybean varieties to cutting irrigation in different growth stages. *Journal Applied Research of Plant Ecophysiology*, 3(1), 1-16. (In Persian) <https://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-202-en.pdf>
- Santos, M. G., Ribeiro, R. V., Oliverira, R. F., Machado, E. C. and Pimetel, C. (2006). The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science*, 170, 659-664. <http://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.10.020>
- Soheili Movahed, S., Esmaeili, M. A., Jabbari, F. and Fooladi, A. (2017). Evaluation of yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under late season water deficit conditions. *Journal of Agroecology*, 9(2), 433-444. (In Persian) <http://doi.org/10.22067/jag.v9i2.45184>
- Soltanieh, M., Talei, D. and Nejatkhah, P. (2023). Evaluation of growth, yield and yield components responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to nitrogen and methanol under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(3), 587-601. (In Persian) <https://dx.doi.org/10.22077/escs.2023.4822.2077>
- Stoilova, T. and Pereira, G. (2013). Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) using morphological traits. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (2), 208-215. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1633>
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z. and Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulture*, 7, 50- 61. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>
- Zbiec, I., Karczmarczyk, S. and Podsiado, C. (2003). Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6, 1-7.

<http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/agronomy/art-01.html>

Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F. and Wu, J. (2020). Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. *Water Journal*, 12, 21-27. <https://doi.org/10.3390/w12082127>